

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06152046 A**

(43) Date of publication of application: **31.05.94**

(51) Int. Cl

H01S 3/18

(21) Application number: **04294074**

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(22) Date of filing: **02.11.92**

(72) Inventor: **TANAKA KAZUHIRO**

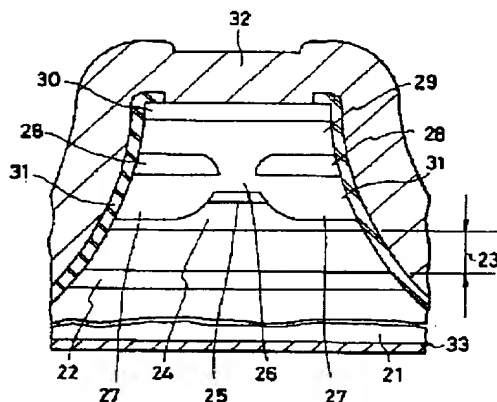
(54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(57) Abstract:

PURPOSE: To reduce a threshold current by returning natural emission light projected wastefully to an active layer by simply changing a structure of a semiconductor laser device.

CONSTITUTION: The title device is provided with a repetitive laminated multilayer film 23 composed of a combination of two kinds of semiconductor films having different refractive indexes inserted between a substrate 21 and an active layer 25 such as a combination of an InGaAsP film and an InP film and a p-side electrode 32 which covers a side of a mesa formed to cross at least the repetitive laminated multilayer film 23 from a front side through an insulating film 31 and functions as an optical reflection film consisting of a metal covering a top. An optical length of approximately $1/4$ a wavelength at a short wavelength side of a laser oscillation wavelength is selected for the repetitive laminated multilayer film 23 and it functions as a high optical reflection film.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-152046

(43)公開日 平成6年(1994)5月31日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-294074

(22)出願日 平成4年(1992)11月2日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 田中 一弘

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 柏谷 昭司 (外1名)

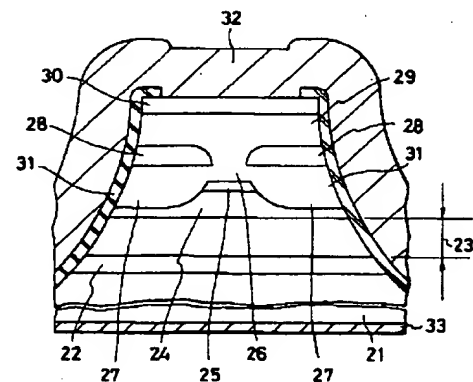
(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57)【要約】

【目的】 半導体レーザ装置に関し、半導体レーザ装置の構造に簡単な改変を加えることで、無駄に放射されていた自然放出光を活性層に戻すことができるようにして閾値電流の低減を実現しようとする。

【構成】 基板21と活性層25との間に介挿された屈折率を異にする二種類の半導体膜の組み合わせ、例えばInGaAsP膜及びInP膜を組み合わせからなる繰り返し積層多層膜23と、表面側から少なくとも繰り返し積層多層膜23を越えるように形成されたメサの側面を絶縁膜31を介して覆うと共に頂面を覆う金属からなる光反射膜の役割を果たすp側電極32とを備えてなり、繰り返し積層多層膜23の光学長がレーザ発振波長の短波長側の波長の略四分の一波長に選択され、高光反射膜として作用する。

実施例を解説する為の半導体レーザ装置を表す要部切断正面図



21: 基板	28: 電流ブロック層
22: バッファ層	29: クラッド層
23: 繰り返し積層多層膜	30: 電極コンタクト層
24: クラッド層	31: 絶縁膜
25: 活性層	32: p側電極
26: クラッド層	33: n側電極
27: 埋め込み層	

【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板と活性層との間に介挿された屈折率を異にする二種類の半導体膜を組み合わせてなる繰り返し積層多層膜と、

表面側から少なくとも前記繰り返し積層多層膜を越えるように形成されたメサの側面を絶縁膜を介して覆うと共に頂面を覆う金属からなる光反射膜とを備えてなり、前記繰り返し積層多層膜の光学長がレーザ発振波長の短波長側の波長の略四分の一波長に選択されてなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】メサの側面を絶縁膜を介して覆うと共に頂面を覆う金属からなる光反射膜が電流を供給する為の一方の電極であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、閾値電流が低く、従って、消費電流が少ない半導体レーザ装置に関する。

【0002】現在、光通信が実用化され、更に、電話加入者系への光通信の導入、光交換、光接続など様々な分野で光技術の発展が期待されているが、その実現の為に、電気信号を光信号に変換する半導体発光装置の高性能化が必要である。

【0003】

【従来の技術】半導体発光装置の代表である半導体レーザ装置に於いては、半導体基板上にクラッド層に上下を挟まれた活性層をもち、劈開面間を共振器としてレーザ動作を行なうようになっている。通常、半導体レーザ装置に於ける自然放出光は、その一部がレーザ動作によって発生する誘導放出光の種として使用されるのみで、大部分は放射モードとして散逸している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記した誘導放出光の種になる自然放出光は極めて僅かであり、殆どの自然放出光が放射モードとして無駄になっている。従って、半導体レーザ装置に注入される電流によって生ずる電子・正孔対の殆どは捨てられ、レーザ発振に寄与するのは僅かであることから、充分なレーザ発振を発生させる為には、注入する電流を大きくしなければならず、それが閾値電流の増加に結び付いている。

【0005】本発明は、半導体レーザ装置の構造に簡単な改変を加えることで、無駄に放射されていた自然放出光を活性層に戻すことができるようにして閾値電流の低減を実現しようとする。

【0006】

【課題を解決するための手段】図 1 は本発明の原理を解説する為の半導体レーザ装置を表した要部切断正面図である。図に於いて、1 は基板、2 はバッファ層、3 は屈折率が異なる半導体層を積層してなる繰り返し積層多層膜、4 はクラッド層、5 は活性層、6 はクラッド層、7

は埋め込み層、8 は電流ブロック層、9 はクラッド層、10 は電極コンタクト層、11 は絶縁膜、12 は p 側電極、13 は n 側電極をそれぞれ示している。

【0007】図から判るように、この半導体レーザ装置に於いて特徴的であるのは、

- ① 基板 1 と活性層 5 との間に繰り返し積層多層膜 3 を介在させたことであり、そして、この繰り返し積層多層膜 3 は、各層の光学長（屈折率×膜厚）が、この半導体レーザ装置に於けるレーザ発振波長に於ける少なくとも短波長側のレーザ発振波長の四分の一波長になっていて、この波長の光に対する高光反射膜として作用すること。

【0008】② 活性層 5、クラッド層 4 及び 9、埋め込み層 7、電流ブロック層 8 などを含むメサ部分の両側面或いは上面に絶縁膜 11 を介して金属からなる反射膜（ここでは p 側電極 12）が形成されていること。

である。尚、通常の半導体レーザ装置と同様、レーザ共振器となるべき劈開面対を備えていることは云うまでもない。

- 20 【0009】一般に、半導体レーザ装置に於いて、フォトン・リサイクリング（photon recycling）を行うと閾値電流密度を低減できることが知られている（要すれば、「F. Stern and J. M. Woodall; Journal of Applied Physics, vol. 42, No. 9 1974 pp. 39」、を参照）。図 1 について説明した本発明の半導体レーザ装置に於ける構成は、このフォトン・リサイクリングを容易且つ簡単に実現している。

- 30 【0010】前記したようなことから、本発明に依る半導体レーザ装置に於いては、

- （1）基板（例えば基板 21）と活性層（例えば活性層 25）との間に介挿された屈折率を異にする二種類の半導体膜（例えば InGaAsP 及び InP）を組み合わせてなる繰り返し積層多層膜（例えば繰り返し積層多層膜 23）と、表面側から少なくとも前記繰り返し積層多層膜を越えるように形成されたメサの側面を絶縁膜（例えば絶縁膜 31）を介して覆うと共に頂面を覆う金属からなる光反射膜（例えば p 側電極 32）とを備えてなり、前記繰り返し積層多層膜の光学長がレーザ発振波長の短波長側の波長の略四分の一波長に選択されてなることを特徴とするか、或いは、

- 40 【0011】（2）前記（1）に於いて、メサの側面を絶縁膜を介して覆うと共に頂面を覆う金属からなる光反射膜が電流を供給する為の一方の電極であることを特徴とする。

【0012】

- 【作用】前記本発明の半導体レーザ装置では、活性層 5 の近傍に存在する高光反射膜である繰り返し積層多層膜 3 及びメサ部分の両側面及び上面を覆う金属からなる反射膜である p 側電極 12 に依り、いままで無駄に放出さ

れていた自然放出光を反射して活性層5に戻すようにしている。

【0013】活性層5では、自然放出光のうち、短波長の光を吸収して電子・正孔対を発生し、利得に寄与させることができるから、従来の技術に依る半導体レーザ装置に比較して閾値キャリア密度は減少し、従って、閾値電流密度を低減させることができる。

【0014】

【実施例】図2は本発明一実施例を解説する為の半導体レーザ装置を表す要部切断正面図である。図に於いて、21は基板、22はバッファ層、23は繰り返し積層多層膜、24はクラッド層、25は活性層、26はクラッド層、27は埋め込み層、28は電流ブロック層、29はクラッド層、30は電極コンタクト層、31は絶縁膜、32はp側電極、33はn側電極をそれぞれ示している。

【0015】ここで、各部分に関する主要なデータを例示すると次の通りである。

(1) 基板21について

材料：n型InP

面指数：(100)

不純物濃度： $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$

【0016】(2) バッファ層22について

材料：n型InP

厚さ：0.5 [μm]

不純物濃度： $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$

【0017】(3) 繰り返し積層多層膜23について

材料：InGaAsP (組成波長1.4 [μm]) / InP

厚さ：117 [nm] (InGaAsP膜) / 123 [nm] (InP膜)

繰り返し積層数：10

機能：波長1.5 [μm] 帯で分布反射鏡として作用する

【0018】(4) クラッド層24について

材料：n型InP

厚さ：1.5 [μm]

不純物濃度： $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$

【0019】(5) 活性層25について

材料：In_{0.5}Ga_{0.5}As (歪量子井戸層として)

InGaAsP (組成波長1.2 [μm]) (障壁層として)

InGaAsP (組成波長1.2 [μm]) (光閉じ込め層として)

厚さ：3 [nm] (歪量子井戸層)

10 [nm] (障壁層)

130 [nm] (光閉じ込め層)

構成：五層の歪量子井戸層及びそれに対応する障壁層を積層してなる歪量子井戸を上下から光閉じ込め層で挟んで成る。

【0020】(6) クラッド層26について

材料：p型InP

厚さ：0.5 [μm]

不純物濃度： $5 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$

【0021】(7) 埋め込み層27について

材料：p型InP

厚さ：1 [μm] (クラッド層24の平坦部分上にて)

不純物濃度： $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$

【0022】(8) 電流ブロック層28について

10 材料：n型InP

厚さ：0.6 [μm]

不純物濃度： $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$

【0023】(9) クラッド層29について

材料：p型InP

厚さ：1 [μm] (電流ブロック層28上にて)

不純物濃度： $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$

【0024】(10) 電極コンタクト層30について

材料：p-InGaAsP

厚さ：0.5 [μm]

20 不純物濃度： $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$

【0025】(11) 絶縁膜31について

材料：SiO₂

厚さ：300 [nm]

【0026】(12) p側電極32について

材料：Ti/Pt/Au

厚さ：100 [nm] / 100 [nm] / 500 [nm]

(電極コンタクト層30上にて)

【0027】(13) n側電極33について

30 材料：AuGe/Ni/Au

厚さ：100 [nm] / 100 [nm] / 500 [nm]

【0028】図3乃至図5は図2に見られる実施例の製造工程を解説する為の工程要所に於ける半導体レーザ装置を表す要部切断正面図であり、以下、これ等の図を参照しつつ説明する。

【0029】図3参照

3- (1)

有機金属気相成長 (metalorganic vapour phase epitaxy: MOVPE) 法を適用することに依り、基板21上にバッファ層22、繰り返し積層多層膜23、クラッド層24、活性層25、クラッド層26を成長させる。尚、ここで適用する技術は、MOVPE法の他に例えば化学ビーム成長 (chemical beam epitaxy: CBE) 法などを適用することができる。

【0030】図4参照

4- (1)

熱化学気相堆積 (thermal chemical vapour deposition: 熱CVD) 法を

50

適用することによって、厚さ例えば100〔nm〕のSiO₂膜を形成する。

【0031】4-(2)

リソグラフィ技術のレジスト・プロセス及びエッチャントを臭素系エッチング液とするウエット・エッチング法を適用することにより、前記工程4-(1)で形成したSiO₂膜のパターニングを行ってメサ・エッチング及び選択成長のマスクとなる幅1〔μm〕のストライプを形成する。

【0032】4-(3)

レジスト剥離液中に浸漬して前記工程4-(2)で形成したストライプのレジスト膜を除去してから、エッチャントを臭素系エッチング液とするウエット・エッチング法を適用することによって、前記工程4-(2)で形成したストライプのSiO₂膜をマスクとして表面からクラッド層24の適所に達するメサ・エッチングを行う。

【0033】4-(4)

前記工程4-(3)でマスクとして使用したストライプのSiO₂膜を残したまま、液相エピタキシャル成長(liquid phase epitaxy: LPE)法を適用することにより、埋め込み層27を形成してメサの側面を埋め込んでから、そのまま引続いて電流ブロック層28を形成する。

【0034】4-(5)

フッ化水素酸からなるエッチング液中に浸漬して前記工程4-(4)で選択成長のマスクとして使用したSiO₂膜を除去してから、LPE法を適用することによって、クラッド層29及び電極コンタクト層30を形成する。

【0035】図5参照

5-(1)
熱CVD法を適用することによって、厚さ例えば200〔nm〕のSiO₂膜を形成する。尚、熱CVD法はスパッタリング法に代替することができる。

5-(2)
リソグラフィ技術のレジスト・プロセス及びエッチャントを緩衝フッ化水素酸とするウエット・エッチング法を適用することにより、前記工程5-(1)で形成したSiO₂膜のパターニングを行ってメサ・エッチングのマスクとなる幅5〔μm〕のストライプを形成する。

【0036】5-(3)

レジスト剥離液中に浸漬して前記工程5-(2)で形成したストライプのレジスト膜を除去してから、エッチャントを臭素系エッチング液とするウエット・エッチング法を適用することによって、前記工程5-(2)で形成したストライプのSiO₂膜をマスクとして表面から基板21に達するメサ・エッチングを行う。尚、エッチャントには、塩酸系エッチャント液を用いても良い。

【0037】5-(4)

フッ化水素酸からなるエッチング液中に浸漬して前記工

程5-(3)でメサ・エッチングのマスクとして使用したSiO₂膜を除去してから、熱CVD法を適用することにより、全面に厚さ例えば300〔nm〕のSiO₂からなる絶縁膜31を形成する。

【0038】5-(5)

10 リソグラフィ技術に於けるレジスト・プロセス及びエッチャントを緩衝フッ化水素酸とするウエット・エッチング法を適用することにより、SiO₂からなる絶縁膜31のメサ頂面に在る部分を選択的にエッチングしてストライプのp側電極コンタクト用開口を形成する。

【0039】5-(6)

前記工程5-(5)で形成したレジスト膜を除去してから、蒸着法及び通常のリソグラフィ技術を適用することによってp側電極32及びn側電極33を形成する。

5-(7)

20 通常の半導体レーザ装置を製造する場合と同様に劈開を行うのであるが、共振器長は例えば200〔μm〕とする。また、必要に応じて劈開面にSiO₂/Siからなる多層膜で構成された高光反射膜を形成する。その場合、光反射率は例えば95〔%〕とする。

【0040】実験に依れば、前記半導体レーザ装置に於いて、活性層25から放射された自然放出光は、下方で半導体分布反射鏡である繰返し積層多層膜23によって反射され、また、メサ側面及び頂面で金属反射鏡であるp側電極32によって反射され、それぞれ活性層25に戻って吸収されてレーザ発振に寄与していることが確認できた。例えば、従来の半導体レーザ装置に於ける閾値電流が2〔mA〕であるのに対し、それと同程度の光出力を発生する前記実施例の半導体レーザ装置に於ける閾値電流が1.3〔mA〕であったので、1/3以上も低減されたことになる。

【0041】

【発明の効果】本発明に依る半導体レーザ装置に於いては、基板と活性層との間に介挿された屈折率を異にする二種類の半導体膜を組み合わせる繰返し積層多層膜と、表面側から少なくとも繰返し積層多層膜を越えるように形成されたメサの側面を絶縁膜を介して覆うと共に頂面を覆う金属からなる光反射膜とを備え、繰返し積層多層膜の光学長がレーザ発振波長の短波長側の波長の略四分の一波長に選択されている。

【0042】前記構成を採ることにによって、従来の半導体レーザ装置では、無駄になっていた自然放出光の大部分を反射して再び活性層に吸収させてレーザ発振に寄与させることが可能となり、その結果、閾値電流は低減され、消費電力が小さい半導体レーザ装置が実現されるので、光通信、光接続、光交換など多くの分野の発展に寄与することができる。また、その半導体レーザ装置を製造するには、従来から多用されている半導体装置の製造技術を利用することができ、特殊な技法は不要であって、作製上の困難は皆無である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の原理を解説する為の半導体レーザ装置を表した要部切断正面図である。

【図 2】本発明一実施例を解説する為の半導体レーザ装置を表す要部切断正面図である。

【図 3】図 2 に見られる実施例の製造工程を解説する為の工程要所に於ける半導体レーザ装置を表す要部切断正面図である。

【図 4】図 2 に見られる実施例の製造工程を解説する為の工程要所に於ける半導体レーザ装置を表す要部切断正面図である。

【図 5】図 2 に見られる実施例の製造工程を解説する為の工程要所に於ける半導体レーザ装置を表す要部切断正面図である。

【符号の説明】

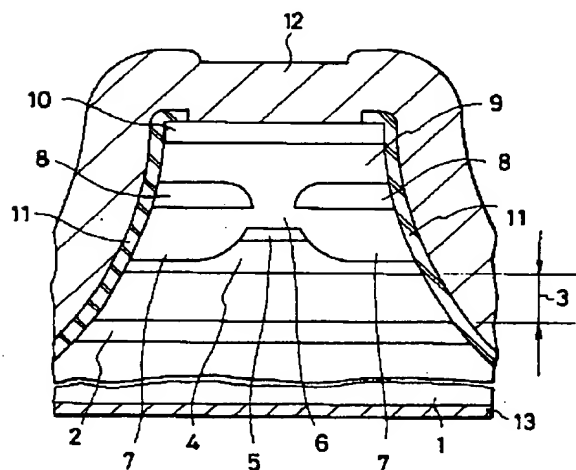
- 2 1 基板
2 2 バッファ層
2 3 繰り返し積層多層膜
2 4 クラッド層
2 5 活性層
2 6 クラッド層
2 7 埋め込み層
2 8 電流ブロック層
2 9 クラッド層
3 0 電極コンタクト層
3 1 絶縁膜
3 2 p側電極
3 3 n側電極

【図 1】

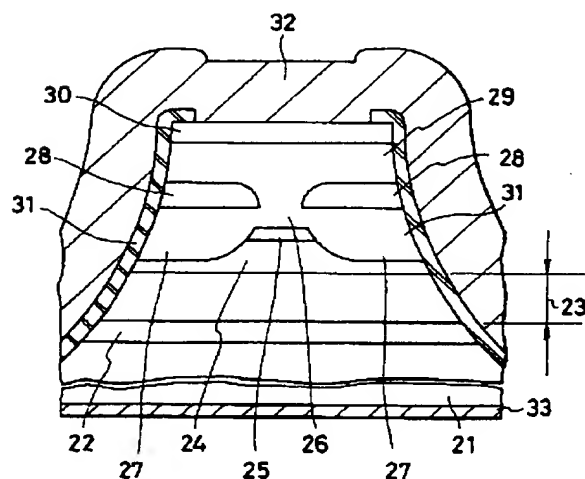
【図 2】

原理を解説する為の半導体レーザ装置を表す要部切断正面図

実施例を解説する為の半導体レーザ装置を表す要部切断正面図



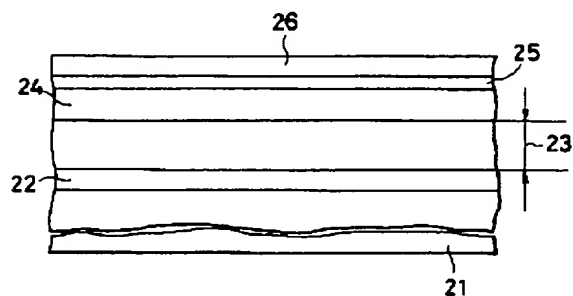
- | | |
|---------------|---------------|
| 1 : 基板 | 8 : 電流ブロック層 |
| 2 : バッファ層 | 9 : クラッド層 |
| 3 : 繰り返し積層多層膜 | 10 : 電極コンタクト層 |
| 4 : クラッド層 | 11 : 絶縁膜 |
| 5 : 活性層 | 12 : p側電極 |
| 6 : クラッド層 | 13 : n側電極 |
| 7 : 埋め込み層 | |



- | | |
|-----------------|----------------|
| 2 1 : 基板 | 2 8 : 電流ブロック層 |
| 2 2 : バッファ層 | 2 9 : クラッド層 |
| 2 3 : 繰り返し積層多層膜 | 3 0 : 電極コンタクト層 |
| 2 4 : クラッド層 | 3 1 : 絶縁膜 |
| 2 5 : 活性層 | 3 2 : p側電極 |
| 2 6 : クラッド層 | 3 3 : n側電極 |
| 2 7 : 埋め込み層 | |

【図 3】

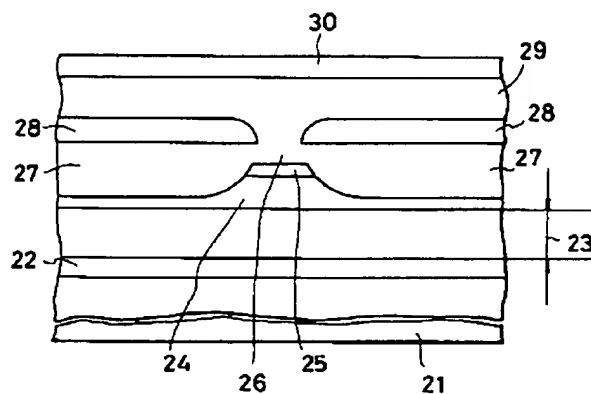
実施例の製造工程を解説する為の工程要所に於ける
半導体レーザ装置を表す要部切断正面図



- 21: 基板
- 22: バッファ層
- 23: 繰り返し積層多層膜
- 24: クラッド層
- 25: 活性層
- 26: クラッド層
- 27: 埋め込み層

【図 4】

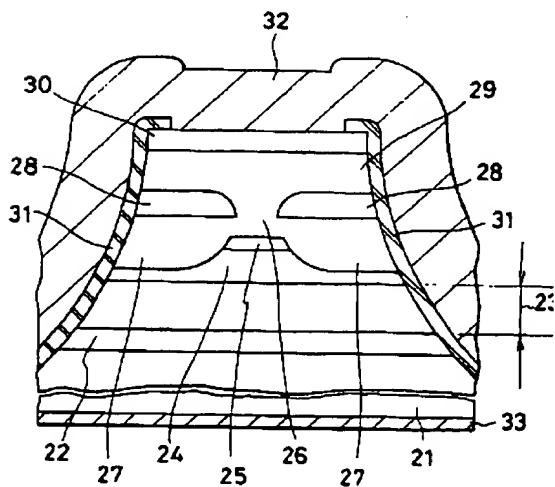
実施例の製造工程を解説する為の工程要所に於ける
半導体レーザ装置を表す要部切断正面図



- 28: 電流ブロック層
- 29: クラッド層
- 30: 電極コンタクト層

【図 5】

実施例の製造工程を解説する為の工程要所に於ける
半導体レーザ装置を表す要部切断正面図



- 31: 絶縁膜
- 32: p側電極
- 33: n側電極